

Docket No. 198249US2CONT



**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

IN RE APPLICATION OF: Masako NUKAGA, et al.

GAU: 2817

SERIAL NO: 09/689,696

EXAMINER: JONES, STEPHEN E

FILED: October 13, 2000

FOR: METHOD OF CONTROLLING INTERMODULATION DISTORTION OF NON-RECIPROCAL DEVICE

**SUBMISSION NOTICE REGARDING PRIORITY DOCUMENT(S)**

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

Certified copies of the Convention Application(s) corresponding to the above-captioned matter:

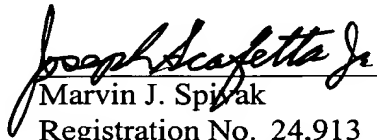
☒ are submitted herewith

☐ were filed in prior application filed

☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number \_\_\_\_\_  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

  
Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913  
Joseph Scafetta, Jr.  
Registration No. 26,803

Customer Number

**22850**

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 11/04)



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      1 9 9 8 年    4 月 1 4 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      平成 1 0 年 特 許 願 第 1 0 3 1 9 4 号  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 1 9 9 8 - 1 0 3 1 9 4 ]

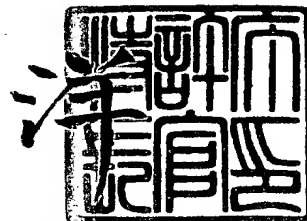
出      願      人                      T D K 株 式 会 社  
Applicant(s):

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 4 年 1 2 月    2 日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



出 証 番 号    出 証 特 2 0 0 4 - 3 1 1 0 3 8 8

【書類名】 特許願

【整理番号】 95187

【提出日】 平成10年 4月14日

【あて先】 特許庁長官 荒井 寿光 殿

【国際特許分類】 H01F 1/34

【発明の名称】 非可逆回路素子の相互変調歪を制御する方法

【請求項の数】 17

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケー株式会社内

【氏名】 額賀 昌子

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケー株式会社内

【氏名】 佐藤 直義

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケー株式会社内

【氏名】 辺見 栄

【特許出願人】

【識別番号】 000003067

【氏名又は名称】 ティーディーケー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100081606

【郵便番号】 125

【住所又は居所】 東京都葛飾区東金町 1 丁目 3 8 番 6 号 宇羽野ビル 阿部国際特許事務所

【弁理士】

【氏名又は名称】 阿部 美次郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014513

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 非可逆回路素子の相互変調歪を制御する方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 非可逆回路素子の相互変調歪を制御する方法であって、  
前記非可逆回路素子は、少なくとも 1 つのフェリ磁性体を含んでおり、  
前記フェリ磁性体の強磁性共鳴半値幅 $\Delta H$ を制御することによって前記相互変調歪を制御する。

【請求項 2】 請求項 1 に記載された方法であって、  
前記強磁性共鳴半値幅 $\Delta H$ は、前記フェリ磁性体の空孔率を制御することによって制御される。

【請求項 3】 請求項 1 に記載された方法であって、  
前記強磁性共鳴半値幅 $\Delta H$ は、前記フェリ磁性体の磁気異方性を制御することによって制御される。

【請求項 4】 請求項 1、2 または 3 の何れに記載された方法であって、  
前記強磁性共鳴半値幅 $\Delta H$ を、1 5 (O e) より小さい値に選定する。

【請求項 5】 請求項 1、2、に記載された方法であって、  
前記相互変調歪の絶対値を、7 5 d B c 以上に制御する。

【請求項 6】 請求項 1、2、3、4 または 5 の何れかに記載された方法であって、

前記フェリ磁性体は、一般式  $(Y_{3-2x-z+w}Ca_{2x+z})(Fe_{5-x-y-z-w}V_xAl_yZr_z)O_{12}$  で表される組成を有し、

x、y、z、w の値が

$$0 \leq x \leq 0.7$$

$$0 < y \leq 0.7$$

$$0.05 \leq z \leq 0.3$$

$$0.01 \leq w \leq 0.03$$

を満たす。

【請求項 7】 請求項 6 に記載された方法であって、  
飽和磁化  $4 \pi M_s$  の値が 1 2 5 0 Gauss 付近であるとき

$$0 \leq x \leq 0.42$$

$$0 \leq y \leq 0.44$$

$$0.08 \leq z \leq 0.2$$

を満たす。

【請求項 8】 請求項 6 に記載された方法であって、  
飽和磁化  $4 \pi M_s$  の値が 1 7 5 0 Gauss 付近であるとき、

$$0 \leq x \leq 0.1$$

$$0 \leq y \leq 0.1$$

$$z = 0.1$$

を満たす。

【請求項 9】 請求項 6 に記載された方法であって、  
飽和磁化  $4 \pi M_s$  の値が 7 5 0 Gauss 付近であるとき、

$$0.3 \leq x \leq 0.7$$

$$0 \leq y \leq 0.42$$

$$0.2 \leq z \leq 0.3$$

を満たす。

【請求項 10】 一般式  $(Y_{3-2x-z+w}Ca_{2x+z})(Fe_{5-x-y-z-w}V_xAl_yZr_z)O_{12}$  で表される組成を有するフェリ磁性材料であって、

$x$ 、 $y$ 、 $z$ 、 $w$  の値が

$$0 \leq x \leq 0.7$$

$$0 < y \leq 0.7$$

$$0.05 \leq z \leq 0.3$$

$$0.01 \leq w \leq 0.03$$

を満たす。

【請求項 11】 請求項 10 に記載されたフェリ磁性材料であって、  
飽和磁化  $4 \pi M_s$  の値が 1 2 5 0 Gauss 付近であるとき

$$0 \leq x \leq 0.42$$

$$0 \leq y \leq 0.44$$

$$0.08 \leq z \leq 0.2$$

を満たす。

【請求項 1 2】 請求項 1 0 に記載されたフェリ磁性材料であって、  
飽和磁化  $4 \pi M_s$  の値が 1 7 5 0 Gauss 付近であるとき、

$$0 \leq x \leq 0.1$$

$$0 \leq y \leq 0.1$$

$$z = 0.1$$

を満たす。

【請求項 1 3】 請求項 1 0 に記載されたフェリ磁性材料であって、  
飽和磁化  $4 \pi M_s$  の値が 7 5 0 Gauss 付近であるとき、

$$0.3 \leq x \leq 0.7$$

$$0 \leq y \leq 0.42$$

$$0.2 \leq z \leq 0.3$$

を満たす。

【請求項 1 4】 請求項 1 0 乃至 1 3 の何れかに記載されたフェリ磁性材料  
であって、

強磁性共鳴半値幅  $\Delta H$  が 1 5 (O e) より小さい。

【請求項 1 5】 中心導体と、少なくとも 1 つのマグネットと、少なくとも  
1 つのフェリ磁性体とを含む非可逆回路素子であって、  
前記中心導体及びフェリ磁性体は、互いに向きあって配置され、  
前記マグネットは、前記中心導体及び前記フェリ磁性体に直流磁場を印加し、  
前記フェリ磁性体は、請求項 1 0 乃至 1 4 の何れかに記載されたフェリ磁性材  
料である。

【請求項 1 6】 請求項 1 5 に記載された非可逆回路素子であって、  
相互変調歪の絶対値が 7 5 d B c 以上である。

【請求項 1 7】 請求項 1 5 または 1 6 の何れかに記載された非可逆回路素  
子であって、

分布定数型、集中定数型または基板型の何れかである。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

**【発明の属する技術分野】**

本発明は、非可逆回路素子の相互変調歪を制御する方法、この方法を実施するのに好適なフェリ磁性材料及びこれを用いた非可逆回路素子に関する。

**【0002】****【従来の技術】**

近年、携帯電話及びPHSなど移動体通信はデジタル化が進んでおり、それに伴い、移動体通信用に使用されるアイソレータやサーキュレータ等の非可逆回路素子では、従来のアナログ方式では問題にならなかった相互変調歪IMDが重要視されるようになった。相互変調歪IMDを生じると、複数の信号を合成して、非可逆回路素子に入力した時、入力された信号以外の周波数成分を持つノイズが現れる。例えば、周波数 $f_1$ 、 $f_2$ の2信号を合成して、非可逆回路素子に入力した時、入力された周波数 $f_1$ 、 $f_2$ の2信号以外の周波数成分、例えば周波数 $(2f_1 - f_2)$ 及び $(2f_2 - f_1)$ を持つノイズが現れる。このノイズレベルを、信号レベルのある値以下に抑えないと、デバイスとして不具合が発生する。

**【0003】**

相互変調歪IMDは、非可逆回路素子に備えられるマグネットから、フェリ磁性体に対して、十分に強い直流磁場を与えることにより、その発生を抑制することができる。しかしながら、現実には、非可逆回路素子の小型化及び薄型化の要求により、十分な直流磁界を印加することができない。

**【0004】**

また、携帯電話及びPHSなどの小型移動体通信装置はバッテリー駆動であるため、長時間の動作には低損失のデバイスを使用することが不可欠である。これらの装置に、非可逆回路素子が搭載される場合には、同様に低損失特性が要求される。端末局だけではなく、基地局においても、カバーするエリアが小さいため、小電力の増幅器が使用されるようになり、基地局用に使用される非可逆回路素子についても、低損失特性が同様に要求される。

**【0005】**

さらに、非可逆回路素子に用いられるフェリ磁性材料において、重要とされる特性として、磁氣的損失項となる強磁性共鳴半値幅 $\Delta H$ が十分小さいこと、非可



逆回路素子の使用周波数に対応して、室温における飽和磁化  $4 \pi M_s$  の値を一列で任意に選択できることがあげられる。

#### 【0006】

また非可逆回路素子では、前記材料はマグネットと組み合わせて使用されるため、飽和磁化  $4 \pi M_s$  が、マグネットの温度特性を補償するような温度係数を有することが理想とされる。飽和磁化  $4 \pi M_s$  の温度係数とキュリー温度  $T_c$  とは密接な相関があり、一般的に、温度変化の小さなマグネットに対応して、高いキュリー温度  $T_c$  を有することが望まれる。

#### 【0007】

特公昭 5 6 - 3 1 2 8 8 号公報は、 $Y-CaV$ -鉄ガーネットフェライトにおいて、その組成比を変えることにより、飽和磁化  $4 \pi M_s$  の値を任意に調整する技術を開示している。

#### 【0008】

しかしながら、上記材料はキュリー温度  $T_c$  が  $160^\circ\text{C}$  以下と低いため、非可逆回路素子として、限定された温度条件下で、使用せざるを得ないという実用上問題がある。また  $Y$  は資源的に希少であることから、得られるフェライトも高価である。

#### 【0009】

##### 【発明が解決しようとする課題】

本発明の課題は、十分な直流磁場を印加できない場合であっても、相互変調歪  $IMD$  を小さくできる相互変調歪制御方法、この方法を実施するのに好適なフェリ磁性材料及びこれを用いた非可逆回路素子を提供することである。

#### 【0010】

本発明のもう一つの課題は、非可逆回路素子の小型化及び薄型化に有効な相互変調歪制御方法、この方法を実施するのに好適なフェリ磁性材料及びこれを用いた非可逆回路素子を提供することである。

#### 【0011】

本発明の更にもう一つの課題は、温度特性に優れた安価なフェリ磁性材及びこのフェリ磁性材料を用いた非可逆回路素子を提供することである。

**【 0 0 1 2 】****【課題を解決するための手段】**

上述した課題を解決するため、本発明は、非可逆回路素子の相互変調歪を制御するに当たり、前記非可逆回路素子に含まれるフェリ磁性体の強磁性共鳴半値幅 $\Delta H$ を制御する。これによって相互変調歪 I M D を制御する。この制御方法によれば、十分な直流磁場を印加できない場合であっても、相互変調歪 I M D を改善できる。従って、非可逆回路素子の小型化及び薄型化の要求に充分に応えることができる。

**【 0 0 1 3 】**

非可逆回路素子は、フェリ磁性体と、それに直流磁場を印加するマグネットを含んでいる。図 1 はマグネットによる直流磁場の強さと、相互変調歪 I M D との関係を示す。図 1 に示すように、フェリ磁性体に対するマグネット直流磁場の強さが大きくなると、相互変調歪 I M D は低下する。従って、フェリ磁性体に対して、十分に強い直流磁場を与えることにより、相互変調歪 I M D の発生を抑制することができる。

**【 0 0 1 4 】**

しかしながら、現実には、非可逆回路素子の小型化及び薄型化の要求により、十分な直流磁界を印加することができない。

**【 0 0 1 5 】**

この問題点を解決する手段として、本発明では、非可逆回路素子に含まれるフェリ磁性体の強磁性共鳴半値幅 $\Delta H$ を制御することによって、相互変調歪 I M D を制御する。

**【 0 0 1 6 】**

本発明者らは、上述したように、フェリ磁性体に対するマグネットの直流磁場の強さが大きくなると、相互変調歪 I M D が低下するのは、強い直流磁場によって、フェリ磁性体内のスピンの方向が磁場方向に揃った状態になるためであり、逆に、磁場の強さが低下すると相互変調歪 I M D が大きくなるのは、フェリ磁性体内のスピンの方向が不均一になるためと推測した。

**【 0 0 1 7 】**

スピン方向の不均一性と相互変調歪 IMD との間に上述したような密接な関係があるとすると、スピン方向の不均一化を示す材料特性としては、相互変調歪 IMD と強磁性共鳴半値幅  $\Delta H$  との関係が問題となる。強磁性共鳴半値幅  $\Delta H$  は材料内の空孔周りの反磁界の影響や、結晶磁気異方性の影響によるスピン方向の不均一化と関係する材料特性だからである。一般に、多結晶における強磁性共鳴半値幅  $\Delta H$  は下記のように表すことができる。

#### 【0018】

$$\Delta H = \Delta H_i + \Delta H_p + \Delta H_a \quad (1)$$

ここで、 $\Delta H_i$  は単結晶の強磁性共鳴半値幅、 $\Delta H_p$  は試料中に存在する空孔による強磁性共鳴半値幅、 $\Delta H_a$  は結晶磁気異方性に基づく強磁性共鳴半値幅である。

#### 【0019】

単結晶の強磁性共鳴半値幅  $\Delta H_i$  は 0.5 (Oe) といわれており、多結晶の強磁性共鳴半値幅を論ずる場合は無視できる。そこで、以下、空孔による強磁性共鳴半値幅  $\Delta H_p$ 、及び、結晶磁気異方性に基づく強磁性共鳴半値幅  $\Delta H_a$  について論ずる。

#### 【0020】

<空孔による強磁性共鳴半値幅  $\Delta H_p$  について>

空孔による強磁性共鳴半値幅  $\Delta H_p$  は、経験的に下記の式によって表される。

#### 【0021】

$$\Delta H_p = 1.47 (4\pi Ms) p \quad (2)$$

ここで、 $p$  は空孔率を表す。

#### 【0022】

図2は Y-Al-鉄ガーネットフェライト (Y-Al-IG) における空孔率  $p$  と強磁性共鳴半値幅  $\Delta H$  との関係を示している。空孔率 0% の時の強磁性共鳴半値幅  $\Delta H$  は  $(\Delta H_i + \Delta H_a)$  であるから、空孔による強磁性共鳴半値幅  $\Delta H_p$  は、切片と  $(\Delta H_i + \Delta H_a)$  との差となる。

#### 【0023】

図3は空孔による強磁性共鳴半値幅  $\Delta H_p$  と相互変調歪 IMD との関係を示す

図である。相互変調歪 IMD の測定に当たり、分布定数型アイソレータを用い、このアイソレータに対して、周波数 1960.0 MHz の信号と、周波数 1960.1 MHz の信号の 2 信号を入力した。入力電力は 1 波当たり 36 dBm とした。アイソレータのフェリ磁性体としては、Y-AI-鉄ガーネットフェライト (Y-AI-IG) を用いた。

#### 【0024】

図 3 に見られるように、相互変調歪 IMD は、強磁性共鳴半値幅  $\Delta H_p$  の増減とともに、ほぼ直線的に増減する。即ち、強磁性共鳴半値幅  $\Delta H_p$  を制御することによって、相互変調歪 IMD を制御することができる。

#### 【0025】

強磁性共鳴半値幅  $\Delta H_p$  による相互変調歪 IMD の発生は、次のように推論できる。即ち、外部から直流磁場を加えた場合、空孔の周りで反磁界が生じ、局所的な磁場の乱れによるスピン方向の不均一化が生じるというものである。

#### 【0026】

<結晶磁気異方性に基づく強磁性共鳴半値幅  $\Delta H_a$  について>

結晶磁気異方性に基づく強磁性共鳴半値幅  $\Delta H_a$  は、

$$\Delta H_a \propto (K_1)^2 / (M_s)^3 \quad (3)$$

と表される。ここで、 $K_1$  は結晶磁気異方性定数、 $M_s$  は飽和磁化の値を表す。

#### 【0027】

表 1 は組成の異なる Y-Ca-鉄ガーネットフェライト (Y-Ca-IG)、Y-Ca-Zr-鉄ガーネットフェライト (Y-Ca-Zr-IG) 及び Y-Ca-V-In-鉄ガーネットフェライト (Y-Ca-V-In-IG) の各特性値を示す。

表 1

組成	$4\pi M_s$	空孔率(%)	$\Delta H(0e)$	$\Delta H_a(0e)$	$T_c(^{\circ}C)$
Y-CaV-IG	1250	0.2	25	21	273
Y-CaV-Zr-IG	1230	0.2	15	11	239
Y-CaV-In-IG	1245	0.2	8	14	208

#### 【0028】

3 材質とも、空孔率が等しく、飽和磁化もほぼ同等である。前掲の式 (2) に

よれば、空孔率が0.2%で、飽和磁化 $M_s$ が1250 Gaussの時、強磁性共鳴半値幅 $\Delta H_p$ は約4 (Oe) となり、各試料において、等しい値を示す。従って、表1中における各試料間の強磁性共鳴半値幅 $\Delta H$ の違いは、InやZrの置換による磁気異方性の変化によって生じた強磁性共鳴半値幅 $\Delta H_a$ の相違に起因するものと考えることができる。

#### 【0029】

図4は強磁性共鳴半値幅 $\Delta H_a$ の異なる材質に関する相互変調歪IMDの電力依存性を示す特性図である。相互変調歪IMDの測定に当たっては、集中定数型アイソレータを用い、入力周波数960 MHz及び960.1 MHzの2信号を入力した。入力電力は一波当たりの値として表示してある。強磁性共鳴半値幅 $\Delta H_a$ の大きな材質、即ち、結晶磁気異方性の大きな材質程、全電力範囲において、大きな相互変調歪IMDが発生している。このことは、フェリ磁性体の材質を変え、その磁気異方性の程度を制御することにより、強磁性共鳴半値幅 $\Delta H_a$ を変え、相互変調歪IMDが制御できることを意味する。

#### 【0030】

磁気異方性に基づく強磁性共鳴半値幅 $\Delta H_a$ と、相互変調歪IMDとの関係は次のように推論できる。即ち、多結晶中では、個々の結晶粒が任意の方向を向いているため、異方性磁界の方向も乱雑になり、内部磁場の乱れを生じる。これにより、スピン方向が不均一になり、空孔の周りの反磁界による影響と同様に、スピン間相互作用が増大して、相互変調歪IMDが発生するというものである。

#### 【0031】

上述のように、フェリ磁性体の空孔率及び磁気異方性を制御し、強磁性共鳴半値幅 $\Delta H$ を制御することにより、相互変調歪IMDを制御できる。相互変調歪IMDを小さくするには、強磁性共鳴半値幅 $\Delta H$ を小さくすること、即ち、フェリ磁性体の空孔率または磁気異方性を小さくすればよいことになる。

#### 【0032】

強磁性共鳴半値幅 $\Delta H$ に關与する空孔率及び磁気異方性のうち、磁気異方性はフェリ磁性体の材料特性によって定まるから、フェリ磁性体の組成を変えることにより、強磁性共鳴半値幅 $\Delta H$ を制御し、相互変調歪IMDを制御できる。

## 【0033】

次に、相互変調歪 IMD の発生を抑制するのに適したフェリ磁性体の組成について述べる。そのようなフェリ磁性体は、一般式  $(Y_{3-2x-z+w}Ca_{2x+z})(Fe_{5-x-y-z-w}V_xAl_yZr_z)O_{12}$  で表される組成において、

$x$ 、 $y$ 、 $z$ 、 $w$  の値が

$$0 \leq x \leq 0.7$$

$$0 < y \leq 0.7$$

$$0.05 \leq z \leq 0.3$$

$$0.01 \leq w \leq 0.03$$

を満たす Y-鉄ガーネットフェライトである。

## 【0034】

上記組成のフェリ磁性材料は、15 (Oe) よりも小さな強磁性共鳴半値幅  $\Delta H$  を有しており、相互変調歪 IMD の発生を抑制するのに効果がある。しかも、飽和磁化  $4\pi Ms$  の値を任意に調整することが可能であり、かつ、比較的の高いキュリー温度  $T_c$  を有する。強磁性共鳴半値幅  $\Delta H$  が 15 (Oe) よりも小さい領域では、相互変調歪 IMD を、アイソレータの使用上、殆ど問題とならない  $-75\text{ dBc}$  以下 (絶対値  $75\text{ dBc}$  以上) に低下させることができる。

## 【0035】

キュリー温度  $T_c$  に示される磁性の熱的安定性と、磁気損失項である強磁性共鳴半値幅  $\Delta H$  を小さくすることは、通常、相反する要求とされる。本発明による上記組成を持つ材料によれば、このような相反する関係にあるキュリー温度  $T_c$  と強磁性共鳴半値幅  $\Delta H$  との間に調和を持たせ、両者の実用的要求を同時に満たすことができる。

## 【0036】

上記一般式において、 $Zr$  は、 $In$  と非常に似通った特性を呈し、かつ、 $In$  に比べて安価である。また、 $V$ 、 $Al$ 、 $Zr$  の複合置換により、各元素を置換することで生じる長所と短所を互いに補うような置換比を選択して、損失特性と温度特性の両特性を、良好な値に設定することができる。

## 【0037】

さらに、上記化学式のw項の範囲において、ガーネット構造のみを有し、粒径が $15\mu\text{m}$ 以上の緻密な結晶体が得られた。上記範囲以外では、ガーネット相以外の異相が生じてしまうため好ましくない。

#### 【0038】

また、置換元素として用いたV、Al、Zrの置換量と室温における飽和磁化 $4\pi\text{Ms}$ との関係は、簡易的に下記の実験式で推測することができる ( $0 \leq z \leq 0.3$ の範囲で $\pm 7\%$ )。

#### 【0039】

$$4\pi\text{Ms}=1780-1750x-1400y+1000z-1200z^2$$

これにより、各置換元素の置換量と飽和磁化 $4\pi\text{Ms}$ との関係から、飽和磁化 $4\pi\text{Ms}$ が同程度の組成間の材料特性の比較が可能である。

#### 【0040】

##### 【発明の実施の形態】

##### 実施例 1

原材料 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{V}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ を、焼成後に目的組成 ( $\text{Y}_{3-2x-z+w}\text{Ca}_{2x+z}$ ) ( $\text{Fe}_{5-x-y-z-w}\text{V}_x\text{Al}_y\text{Zr}_z$ )  $\text{O}_{12}$ となるように秤量し、ボールミルにて20時間湿式混合した後、 $1100\sim 1200^\circ\text{C}$ で4時間空气中で仮焼し、仮焼物を得た。この仮焼物を再度ボールミルに入れ、20時間湿式粉碎を行った後、圧縮成型を行った。得られた成型物を、各組成に対して強磁性共鳴半値幅 $\Delta H$ が最小で、粒径が $15\mu\text{m}$ 以上になるような最適温度を $1250\sim 1450^\circ\text{C}$ の間で選択し、酸素中で、6時間の焼成を行った。このようにして得られた焼結体は、X線回折の結果、ガーネット単相であることを確認した。

#### 【0041】

強磁性共鳴半値幅 $\Delta H$ は、焼結試料の断片から、ボンダ法により、直径1.0mmの球状試料を作り、 $10\text{GHz}$ にて、反射法により測定した。また、飽和磁化 $4\pi\text{Ms}$ とキュリー温度 $T_c$ は振動型磁力計を用いて測定した。前述の実験式に基づき、飽和磁化 $4\pi\text{Ms}$ が $1250\text{Gauss}$ 付近の組成について、得られた結果を表2に示す。表2において、No. 1～18は測定に供された焼結試料の番号を示す。なお、wは、 $0.01 \leq w \leq 0.03$ の範囲になるようにした。

表 2

No.	x	y	z	x+y	$4\pi Ms$ (G)	$T_c$ (°C)	$\Delta H$ (Oe)
1	0	0.38	0	0.38	1230	224	45
2	0.1	0.3	0.5	0.4	1280	62	<15
3	0	0.5	0.4	0.5	1235	141	<15
4	0.12	0.38	0.4	0.4	1230	148	<15
5	0.24	0.25	0.4	0.49	1230	156	<15
6	0.35	0.13	0.4	0.48	1219	163	<15
7	0.47	0	0.4	0.47	1220	169	<15
8	0.1	0.3	0.3	0.4	1220	180	<15
9	0	0.44	0.2	0.44	1280	191	<15
10	0.1	0.33	0.2	0.43	1286	199	<15
11	0.21	0.22	0.2	0.43	1279	207	<15
12	0.31	0.11	0.2	0.42	1275	217	<15
13	0.42	0	0.2	0.42	1269	225	<15
14	0	0.4	0.08	0.4	1250	223	<15
15	0.09	0.3	0.08	0.39	1238	233	<15
16	0.19	0.2	0.08	0.39	1230	239	<15
17	0.29	0.1	0.08	0.39	1215	252	<15
18	0.38	0	0.08	0.38	1210	259	<15

## 【0 0 4 2】

No. 1 は従来材の Y - A l - 鉄ガーネットフェライトで、飽和磁化  $4\pi Ms$  が 1 2 5 0 Gauss の材料である。No. 2 ～ 1 8 も、飽和磁化  $4\pi Ms$  が 1 2 5 0 Gauss 付近の値を呈する。

## 【0 0 4 3】

相互変調歪 IMD に関与する強磁性共鳴半値幅  $\Delta H$  は、No. 1 が 4 5 (Oe) であるのに対し、No. 2 ～ 1 8 では、1 5 (Oe) よりも小さい。従って、相互変調歪 IMD に関する限りは、No. 2 ～ 1 8 の何れも、従来品である No. 1 より改善されている。

## 【0 0 4 4】

一方、温度特性に関与するキュリー温度  $T_c$  は、No. 1 では 2 2 4 °C であるのに対し、No. 2 ～ 8 では、それよりもかなり低い値になっている。大まかな観点からいえば、Z r 置換量が多いほど、キュリー温度  $T_c$  が低くなる。また Z r の置換量が一定の場合、A l より V の置換量の割合が大きい程キュリー温度  $T_c$  は



高くなる。

#### 【0045】

従来品であるNo. 1との比較において、相互変調歪IMDの抑制効果とともに、温度特性の改善効果を得ることができる組成は、 $0.08 \leq z \leq 0.2$ 、 $0 \leq x \leq 0.42$ 、 $0 \leq y \leq 0.44$ を満たす範囲と見ることができる。ここで、好ましくは、 $x$ 及び $y$ は、 $(x+y)$ が $0.38 \sim 0.44$ の範囲となるように定める。

#### 【0046】

##### 実施例2

飽和磁化 $4\pi Ms$ を1750 Gauss付近にもつ組成について、実施例1と同様にして、焼結試料を作製し、その特性を測定した。得られた結果を表3に示す。表3において、No. 21～26は測定に供された焼結試料の番号を示す。No. 21は無置換の従来のY-鉄ガーネットフェライトである。

#### 【0047】

相互変調歪IMDに関与する強磁性共鳴半値幅 $\Delta H$ は、No. 21が45 (Oe)であるのに対し、No. 22～26では15 (Oe)よりも小さい。従って、相互変調歪IMDに関する限りは、No. 22～26の何れも、従来品であるNo. 21より改善されている。

#### 【0048】

一方、キュリー温度 $T_c$ は、No. 21では275℃であるのに対し、No. 22～26ではそれより低い値になっている。No. 22～26の内、No. 22、26のキュリー温度 $T_c$ は261℃であり、No. 21と殆ど遜色のない値を示している。

#### 【0049】

表3のデータをまとめると、従来品であるNo. 21との比較において、相互変調歪IMDの抑制効果が得られ、かつ、遜色のない温度特性を得ることができる最適実施例の組成は、 $z = 0.1$ 、 $0 \leq x \leq 0.1$ 、 $0 \leq y \leq 0.1$ を満たす範囲であることが分かる。好ましくは、 $x$ 及び $y$ は、 $(x+y)$ が $0.05 \sim 0.06$ の範囲となるように定める。

表 3

No	x	y	z	x+y	$4\pi Ms$ (G)	$T_c(^{\circ}C)$	$\Delta H(Oe)$
21	0	0	0	0	1780	275	25
22	0.05	0	0.1	0.05	1740	261	<15
23	0.12	0	0.2	0.12	1700	238	<15
24	0.14	0	0.3	0.14	1720	215	<15
25	0.15	0	0.4	0.15	1715	196	<15
26	0	0.06	0.1	0.06	1800	261	<15

## 【0 0 5 0】

## 実施例 3

飽和磁化  $4\pi Ms$  が 7 5 0 Gauss 付近である組成について、実施例 1 と同様にして、焼結試料を作製し、その特性を測定した。得られた結果を表 4 に示す。試料 No. 3 1 は従来材の Y-A 1 - 鉄ガーネットフェライトで、7 5 0 Gauss の飽和磁化  $4\pi Ms$  を有する材料である。No. 3 2 ~ 3 6 も、7 5 0 Gauss の飽和磁化  $4\pi Ms$  を有する材料である。

## 【0 0 5 1】

相互変調歪 IMD に関与する強磁性共鳴半値幅  $\Delta H$  は、No. 3 1 が 3 0 (O e) であるのに対し、No. 3 3 は 1 5 (O e) 未満、No. 3 8 ~ 4 3 は 1 5 (O e) 以下である。

## 【0 0 5 2】

一方、キュリー温度  $T_c$  は、No. 3 1 では 1 7 5  $^{\circ}C$  であるのに対し、No. 3 4 では 1 7 9  $^{\circ}C$ 、No. 4 0 ~ 4 2 では、1 7 5  $^{\circ}C$  よりも高い 1 7 7 ~ 1 9 6  $^{\circ}C$  の範囲にある。

## 【0 0 5 3】

従って、飽和磁化  $4\pi Ms$  が 7 5 0 Gauss 付近である場合、No. 3 1 との比較において、相互変調歪 IMD の抑制効果得られ、かつ、遜色のない温度特性を得ることができる組成は、 $0.2 \leq z \leq 0.3$ 、 $0.3 \leq x \leq 0.7$ 、 $0 \leq y \leq 0.42$  を満たす範囲である。好ましくは、x 及び y は、 $(x+y)$  が 0.70 ~ 0

。 7 5 の範囲となるように定める。

表 4

No.	x	y	z	x+y	$4\pi Ms$ (G)	$T_c(^{\circ}C)$	$\Delta H(Oe)$
31	0	0.68	0	0.68	750	175	30
32	0.59	0	0	0.59	765	273	60
33	0	0.79	0.1	0.79	765	164	<15
34	0.16	0.59	0.1	0.75	760	179	18
35	0.32	0.39	0.1	0.71	755	207	30
36	0.48	0.19	0.1	0.67	758	226	39
37	0.63	0	0.1	0.63	740	246	45
38	0	0.84	0.2	0.84	760	135	<15
39	0.17	0.63	0.2	0.80	770	155	<15
40	0.33	0.42	0.2	0.75	780	177	<15
41	0.5	0.21	0.2	0.71	775	196	15
42	0.70	0	0.3	0.70	740	188	<15
43	0.71	0	0.4	0.71	752	159	<15

## 【 0 0 5 4 】

## 実施例 4

(Y 2.58 C a 0.46) (F e 4.49 V 0.19 Z r 0.08 A l 0.2) O<sub>12</sub>

(x = 0. 1 9、y = 0. 2、z = 0. 0 8、w = 0. 0 2)

の組成を有する本発明に係るフェリ磁性材料を、アイソレータに使用した応用例について示す。上述した組成のフェリ磁性材料の特性は、飽和磁化  $4\pi Ms$  が 1 2 3 0 Gauss、キュリー温度  $T_c$  が 2 3 9  $^{\circ}C$ 、強磁性共鳴半値幅  $\Delta H$  が 1 5 O e 以下であった。これを基板として、1. 9 G H z 帯分布定数型アイソレータ A を作製した。

## 【 0 0 5 5 】

比較のため、従来材の Y - A l - 鉄ガーネットフェライトを用いて、アイソレータ B を作製した。この Y - A l - 鉄ガーネットフェライトの特性は、飽和磁化  $4\pi Ms$  が 1 2 5 0 Gauss、キュリー温度  $T_c$  が 2 4 0  $^{\circ}C$ 、強磁性共鳴半値幅  $\Delta H$  が 4 5 (O e) であった。

## 【 0 0 5 6 】

図5は上述したアイソレータA、Bの温度変化と挿入損失との関係を示すデータである。曲線A1が本発明に係るアイソレータAの挿入損失特性を示し、曲線B1が従来のアイソレータBの特性を示している。

#### 【0057】

図5から明らかなように、同一の温度条件では、全温度範囲にわたって、本発明に係るアイソレータAは、従来のアイソレータBよりも、挿入損失が低くなり、優れた温度特性を示している。

#### 【0058】

図6はアイソレータA、Bについて、相互変調歪IMDと1信号当たりの入力電力との関係を示している。曲線A2が本発明に係るアイソレータAの相互変調歪特性を示し、曲線B2が従来のアイソレータBの相互変調歪特性を示している。図6から明らかなように、本発明に係るアイソレータAは、入力電力が同一である条件では、相互変調歪IMDが、従来のアイソレータBより、17～18 (dBc) も小さくなっている。しかも、本発明に係るアイソレータAは、相互変調歪IMDが、約-80 (dBc) の極めて低い値に抑制されている。

#### 【0059】

##### 実施例5

(Y<sub>2.82</sub>C<sub>a0.2</sub>) (Fe<sub>4.83</sub>V<sub>0.05</sub>Zr<sub>0.1</sub>) O<sub>12</sub>

(x=0.05、y=0、z=0.1、w=0.02)

の組成を有する本発明に係るフェリ磁性材料を、アイソレータに使用した応用例について示す。このフェリ磁性材料の特性は、飽和磁化 $4\pi M_s$ が1740 Gauss、キュリー温度 $T_c$ が260℃、強磁性共鳴半値幅 $\Delta H$ が15 Oe以下であった。このフェリ磁性材料を用いて、2.0 GHz帯分布定数型アイソレータCを作製した。

#### 【0060】

比較のため、無置換なY-鉄ガーネットフェライトを用いてアイソレータDを作製した。このY-鉄ガーネットフェライトの特性は、飽和磁化 $4\pi M_s$ が1770 Gauss、キュリー温度 $T_c$ が287℃、強磁性共鳴半値幅 $\Delta H$ が23 (Oe) であった。

## 【 0 0 6 1 】

図 7 は上述したアイソレータ C、D の温度変化と挿入損失との関係を示すデータである。曲線 C 1 が本発明に係るアイソレータ C の挿入損失特性を示し、曲線 D 1 が従来のアイソレータ D の特性を示している。図 7 から明らかなように、 $-20^{\circ}\text{C}$  以上の温度範囲において、同一の温度条件で、本発明に係るアイソレータ C は、従来のアイソレータ D よりも、挿入損失が低くなる。

## 【 0 0 6 2 】

図 8 はアイソレータ C、D について、相互変調歪 IMD と 1 信号当たりの入力電力との関係を示している。曲線 C 2 が本発明に係るアイソレータ C の相互変調歪特性を示し、曲線 D 2 が従来のアイソレータ D の相互変調歪特性を示している。

## 【 0 0 6 3 】

図 8 から明らかなように、本発明に係るアイソレータ C は、入力電力が同一の条件では、相互変調歪 IMD が、従来のアイソレータ D より、 $8 \sim 10$  (dBc) も小さくなっている。しかも、本発明に係るアイソレータ C は、相互変調歪 IMD が、約  $-76 \sim -78$  (dBc) の極めて低い値に抑制されている。

## 【 0 0 6 4 】

図 9 は非可逆回路素子の分解斜視図、図 10 は図 9 に示した非可逆回路素子の断面図である。図示された非可逆回路素子は、分布定数型アイソレータであって、中心導体 1 と、マグネット 4 と、フェリ磁性体 2 1、2 2 とを含む。フェリ磁性体 2 1、2 2 は、本発明に係る材料で構成されている。フェリ磁性体 2 1、2 2 は、中心導体 1 の上下に 2 個配置されているが、1 個の場合もあり得る。

## 【 0 0 6 5 】

マグネット 4 は、フェリ磁性体 2 1、2 2 及びストリップ導体 1 に直流磁界を印加する。マグネット 4 は、フェリ磁性体 2 1、2 2 の両側に 2 個設けてもよい。ヨーク 5、6 は、マグネット 4 と磁氣的に結合される。図示の例では、ヨーク 5、6 は、フェリ磁性体 2 1、2 2、中心導体 1、アース導体 3 1、3 2 及びマグネット 4 を覆う外装ケースとしても兼用されている。

## 【 0 0 6 6 】

基板 7 は、非可逆回路素子の動作に必要なコンデンサ及び抵抗等を有する。基板 7 は孔 71 を有しており、フェリ磁性体 22 はこの孔 71 内に配置されている。参照符号 8 は整磁板、参照符号 9、11 は磁極板、参照符号 10 はスペーサを示す。実施例は、分布定数型の非可逆回路を示しているが、集中定数型または基板型の非可逆回路素子であってもよい。これらの具体的構造は、当業者に周知であるので、図示は省略する。

#### 【0067】

図 11 は図 9、10 に示したアイソレータの使用状態における等価回路図を示し、端子 a-b 間に端子間容量 C11 を接続し、端子 b-c 間に端子間容量 C12 を接続し、端子 c-a 間に端子間容量 C13 を接続するとともに、端子 a、b、c のそれぞれに接地容量 C01、C02、C03 をそれぞれ接続した回路が得られる。

#### 【0068】

図 9～図 11 に示した非可逆回路素子は、本発明の適用できる 1 例に過ぎない。本発明は、種々のタイプの非可逆回路素子、即ち、アイソレータ及びサーキュレータに適用し、その相互変調歪 IMD を低下させると共に、温度特性を改善できる。

#### 【0069】

##### 【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば次のような効果を得ることができる。

(a) 十分な直流磁場を印加できない場合であっても、相互変調歪を低い値に抑制し得る制御方法、この方法を実施するのに好適なフェリ磁性材料、及び、これを用いた非可逆回路素子を提供することができる。

(b) 非可逆回路素子の小型化及び薄型化に有効な相互変調歪の制御方法、この方法を実施するのに好適なフェリ磁性材料、及び、これを用いた非可逆回路素子を提供することができる。

(c) 温度特性に優れた安価なフェリ磁性材、及び、非可逆回路素子を提供することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

## 【図 1】

非可逆回路素子におけるマグネットによる直流磁場の強さと、相互変調歪 I M D との関係を示す図である。

## 【図 2】

Y-A l-鉄ガーネットフェライトにおける空孔率と強磁性共鳴半値幅 $\Delta H$  との関係を示している。

## 【図 3】

Y-A l-鉄ガーネットフェライトにおける空孔による強磁性共鳴半値幅 $\Delta H_p$  と相互変調歪 I M D との関係を示す図である。

## 【図 4】

強磁性共鳴半値幅 $\Delta H_a$  の異なる材質に関する相互変調歪 I M D の電力依存性を示す特性図である。

## 【図 5】

アイソレータにおける温度変化と、挿入損失との関係を示すデータである。

## 【図 6】

アイソレータの相互変調歪 I M D の電力依存性を示す図である。

## 【図 7】

アイソレータにおける温度変化と、挿入損失との関係を示す別のデータである。

## 【図 8】

アイソレータにおける相互変調歪 I M D の電力依存性を示すデータである。

## 【図 9】

本発明に係る非可逆回路素子の分解斜視図である。

## 【図 1 0】

図 9 に示した非可逆回路素子の断面図である。

## 【図 1 1】

図 9、1 0 に示したアイソレータの使用状態における等価回路図である。

## 【符号の説明】

1

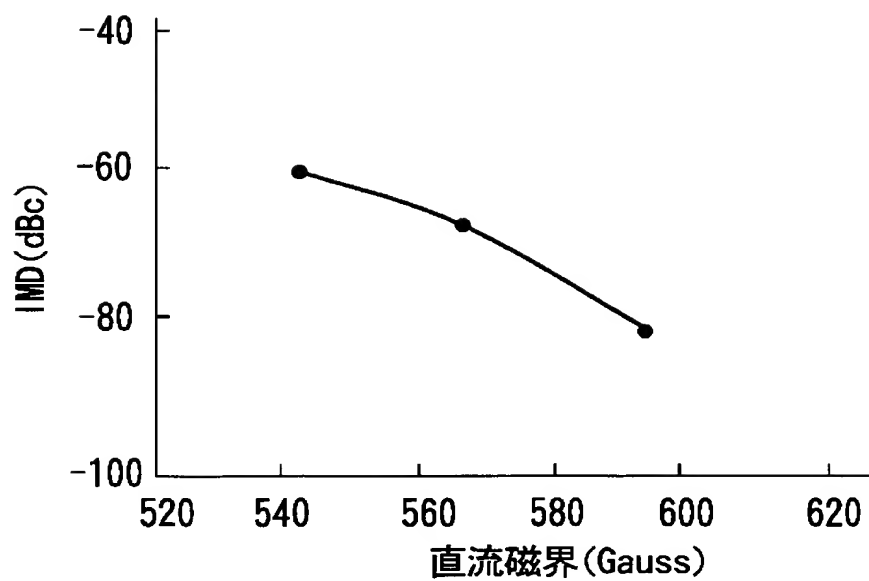
中心導体

2 1、2 2	フェリ磁性体
3 1、3 2	アース導体
4	マグネット
5、6	ヨーク

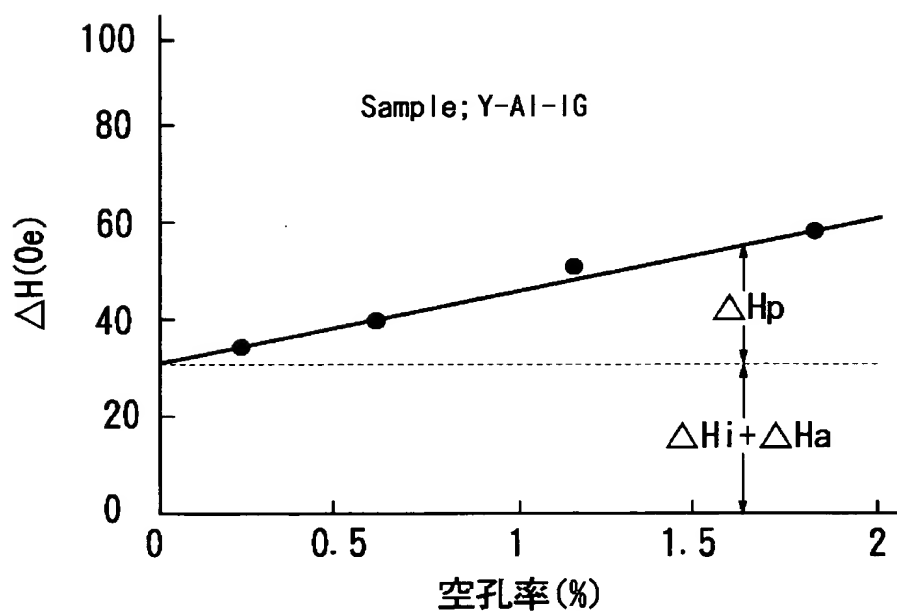


【書類名】 図面

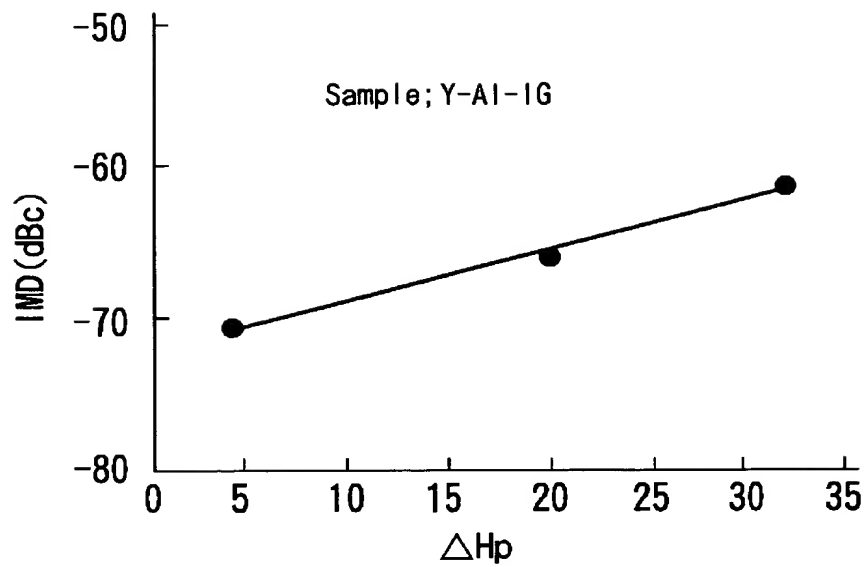
【図 1】



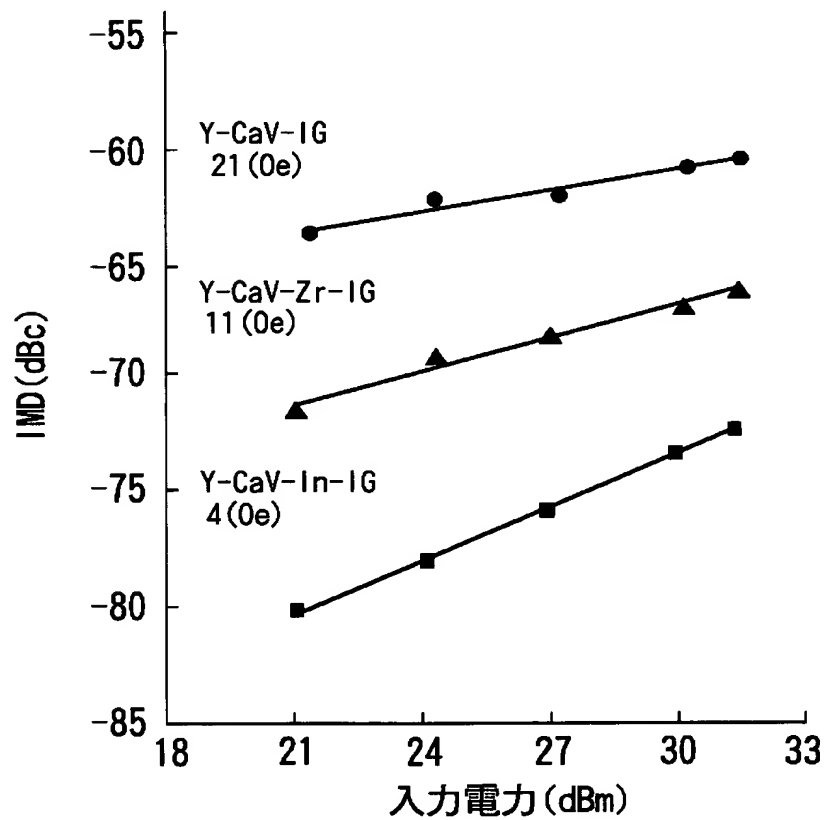
【図 2】



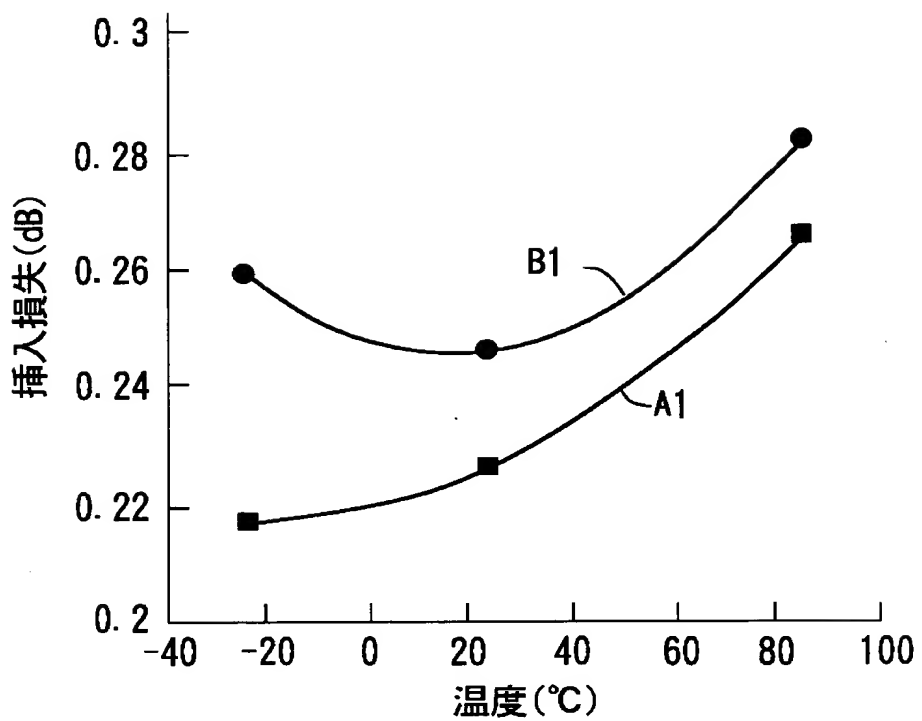
【図 3】



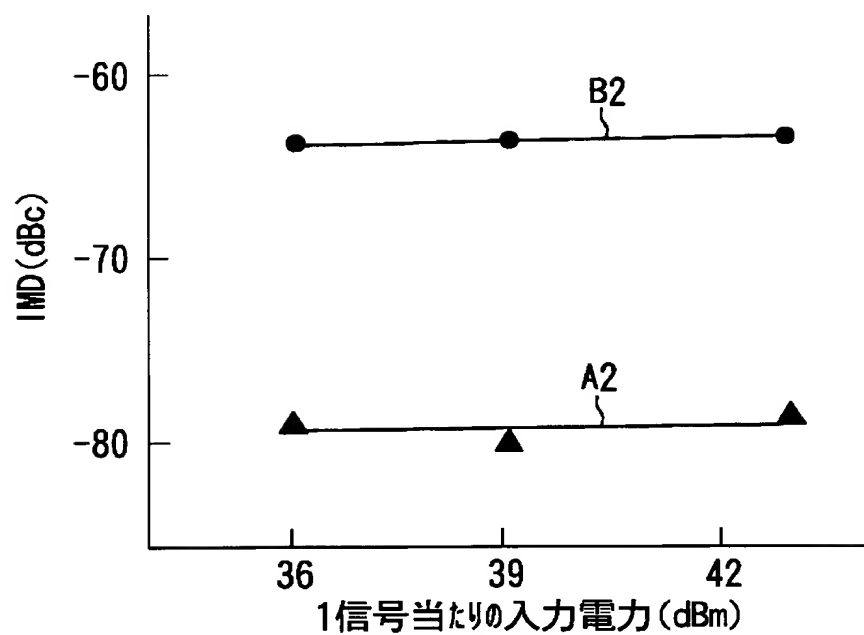
【図 4】



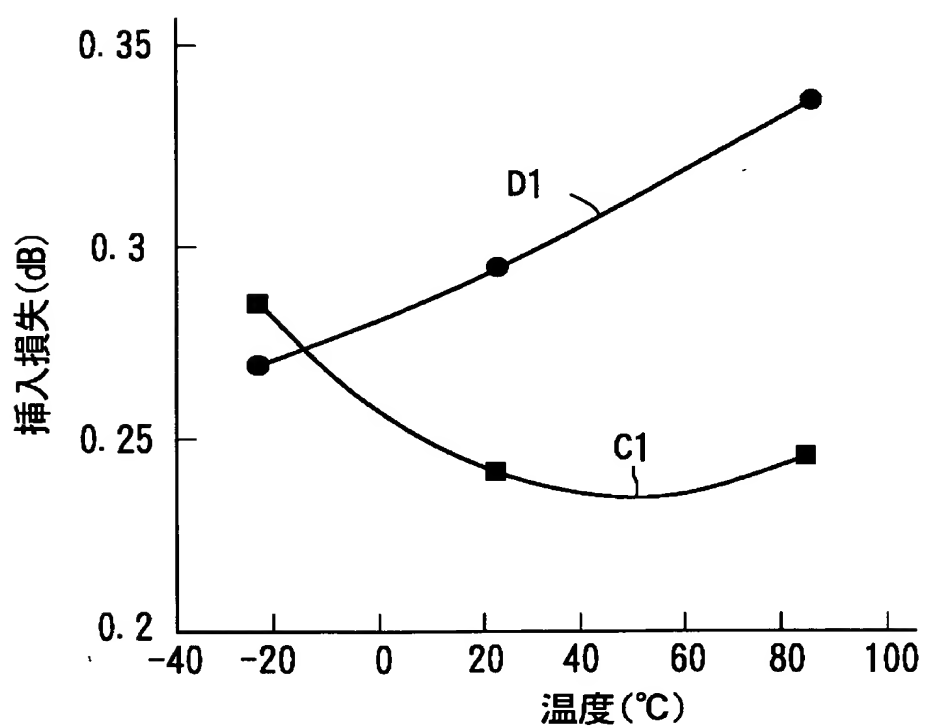
【図 5】



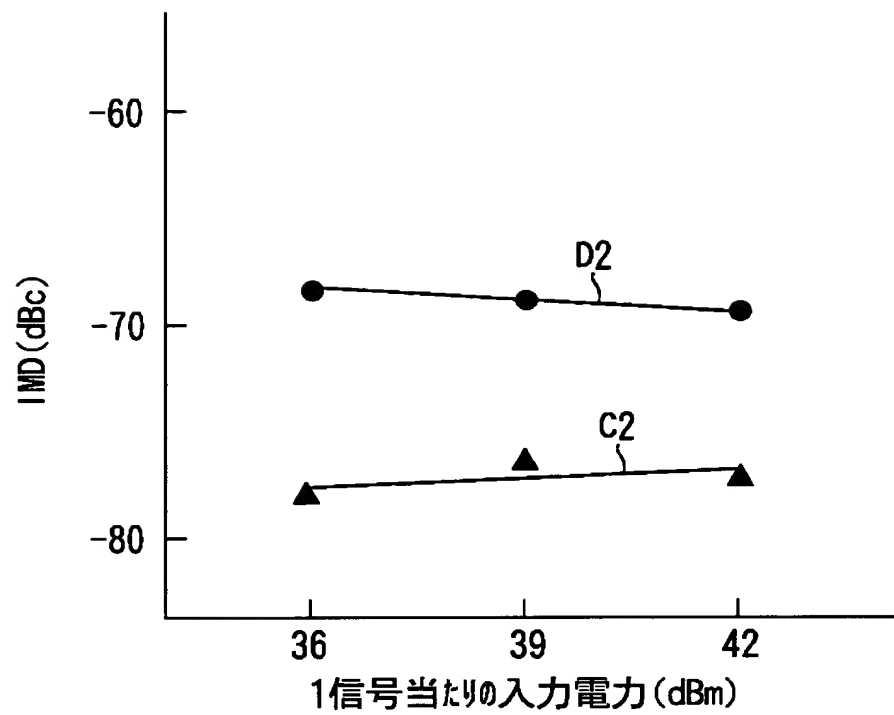
【図 6】



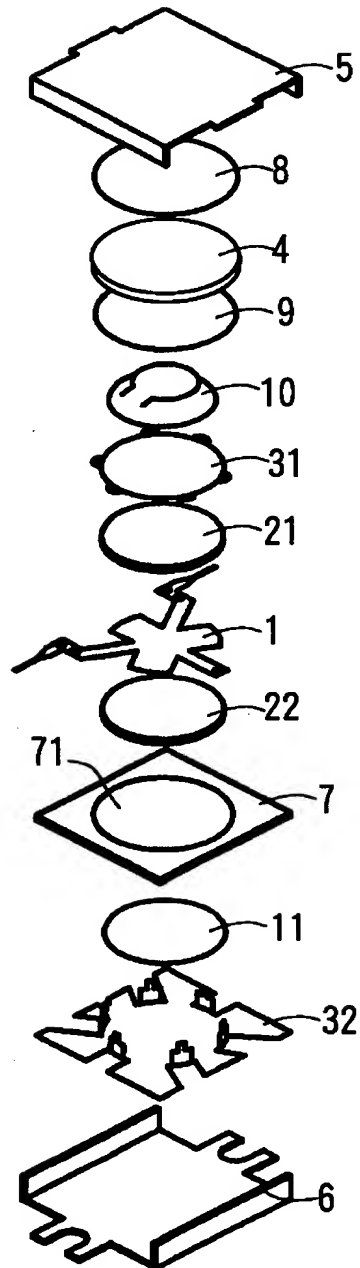
【図 7】



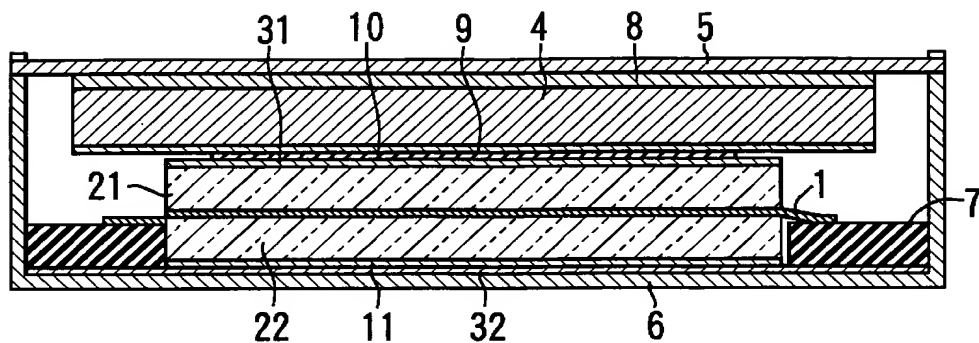
【図 8】



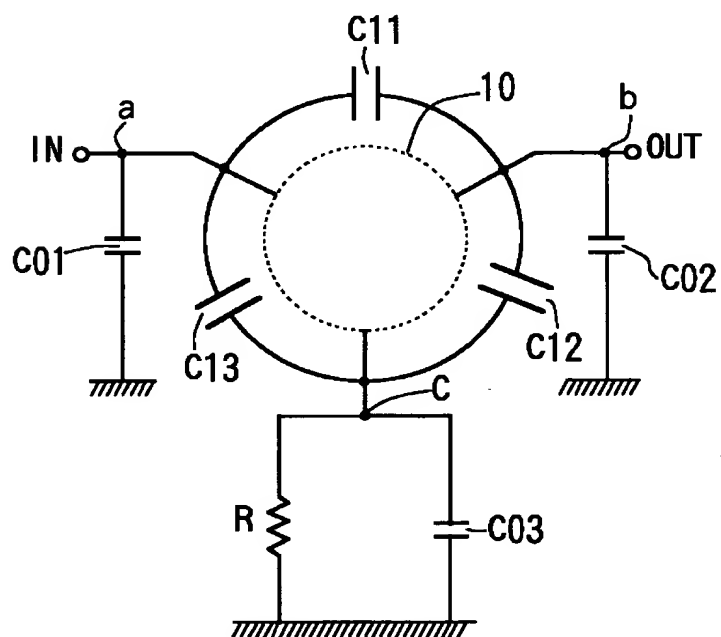
【図 9】



【図 1 0】



【図 1 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 非可逆回路素子の小型化及び薄型化に有効な相互変調歪の制御方法を提供する。

【解決手段】 非可逆回路素子は、少なくとも 1 つのフェリ磁性体 2 1、2 2 を含んでいる。フェリ磁性体 2 1、2 2 の強磁性共鳴半値幅 $\Delta H$ を制御することによって、相互変調歪 I M D を制御する。

【選択図】 図 9



【書類名】 職権訂正データ  
【訂正書類】 特許願

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

【特許出願人】  
【識別番号】 000003067  
【住所又は居所】 東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号  
【氏名又は名称】 ティーディーケイ株式会社  
【代理人】 申請人  
【識別番号】 100081606  
【住所又は居所】 東京都葛飾区東金町 1 丁目 3 8 番 6 号 宇羽野ビル  
阿部国際特許事務所  
【氏名又は名称】 阿部 美次郎

特願平 1 0 - 1 0 3 1 9 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 3 0.6 7 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 3 0 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号
氏 名	ティーディーケイ株式会社

2. 変更年月日	2 0 0 3 年 6 月 2 7 日
[変更理由]	名称変更
住 所	東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号
氏 名	T D K 株式会社